تحلیل فراوانی خشکسالی هیدرولوژیک (جریان حداقل)
مطالعهٔ موردی رودخانهٔ خانمیرزا

مریم شماعی‌زاده[۱] و سعید سلطانی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیابانزدایی دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان

Frequency Analysis of Hydrologic Drought (LowFlow)
A Case study: Khanmirza river

Maryam Shamaeizadeh[1] & Saeid Soltanie[2]

1-Student of de desertification of Isfahan University of Technology
2-Associate professor Faculty of Natural Resource, Isfahan University of Technology

چکیده

یکی از روش‌های پیش‌بینی خشکسالی تحلیل فراوانی است. با برازش توزیع احتمال مناسب برداده‌های یک رودخانه می‌توان پیشامد متناظر با احتمال وقوع یا دوره بازگشت خاصی را تعیین نمود و با اتخاذ تدابیر مدیریتی واجرای برنامه‌های مقابله با خشکسالی تأثیرات و پیامدهای آن را کاهش داد. در این تحقیق با استفاده از آمار روزانهٔ جریان در رودخانهٔ خانمیرزا (حوضهٔ آبخیز زرین درخت از زیر حوضه‌های کارون شمالی) در یک دورهٔ آماری ۱۹ ساله منحنی تداوم جریان ترسیم و شاخص Q_{95} به عنوان آستانهٔ جریان حداقل از این منحنی استخراج گردید. سپس با محاسبهٔ جریان حداقل ۷ روزه در هر یک از سال‌های آماری سری زمانی جریان حداقل ۷ روزه تشکیل شد و با هدف انجام تحلیل فراوانی از طریق آمارهٔ کای اسکوئر و کلموگراف اسمیرنوف تابع پارتوی تعمیم یافته به عنوان بهترین تابع بر سری زمانی حداقل جریان برازش داده شد و نهایتاً حداقل جریان با دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه گردید. علاوه بر این شاخص Q_{95} نشان می دهد که در ۴۲ درصد از سال‌های آماری موجود حداقل جریان برابر یا کمتر از میزان آستانهٔ خشکسالی است. حداقل جریان ۷ روزه در دوره‌های بازگشت ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله برابر با صفر تخمین زده شد که نشان از بحران خشکسالی در این حوضه است.

واژه‌های کلیدی: رودخانهٔ خانمیرزا، خشکسالی، منحنی تداوم جریان، شاخص Q_{95}، شاخص جریان حداقل ۷ روزه.

۱- مقدمه

عدم توجه به ضرورت بهره برداری صحیح و حفاظت منابع آب به مرور زمان شرایطی را پدید آورده، که منابع آب کرۀزمین در معرض تخریب و نابودی قرار گرفته است و بدین ترتیب شرایطی به نام بحران به صورت یک مساله جهانی بروز نموده است (جهان تیغ، ۱۳۸۳). دراکوپ[1] و همکاران (۱۹۸۰)، ابراز داشتند که خشکسالی‌ها با سه مقولۀ بارش (اقلیمی)، جریان رودخانه‌ای (هیدرولوژیکی) و رطوبت خاک (کشاورزی) و جوانب این سه مقوله در ارتباط هستند یک تقسیم‌بندی مشابه را می‌توان در گروه‌بندی ویل‌هایت و گلانتز (۱۹۸۵)، یافت که آنان خشکسالی را به ۴ گروه خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیکی، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اقتصادی- اجتماعی تقسیم‌بندی کردند (به نقل از دراکوپ و همکاران۱۹۸۰، هیسدال و تالاکسن ۲۰۰۰ و استاهل ۲۰۰۱). خشکسالی هیدرولوژیک از طریق کاهش میزان ذخیره‌ی آب دریاچه‌ها، پایین رفتن سطوح آب‌های زیرزمینی و کاهش دبی جریان رودخانه‌ای تشخیص داده می‌شود و معمولاً بر منطقه‌ی وسیعی تأثیر می‌گذارد.

اخیراً تحلیل فراوانی جریان‌های کم رودخانه‌ای در مطالعات خشکسالی هیدرولوژیک مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته‌است. فرهنگ بین‌المللی هیدرولوژی[2] (۱۹۷۴)، جریان کم را به عنوان جریان آب رودخانه در طول آب و هوای خشک طولانی مدت تعریف می‌کند (اسماکتین،۲۰۰۱). ولی تعریف عمومی‌تر آن کمترین جریان متوسط در چند روز پیاپی از قبیل ۵، ۷، ۳۰، ۶۰،...، ۱۸۰ روزه در طول یک سال است. علت محاسبه جریان کم برای روزهای پیاپی به حداقل رساندن اثر تغییرها و نوسانات جریان است (اسلامیان و همکاران، ۱۳۸۴ و بیابانکی،۱۳۸۳). برخی از شاخص‌های جریان کم از منحنی تداوم جریان استخراج می‌شوند. منحنی تداوم جریان[3] یکی از ابزارهای مهم وکاربردی برای نمایش دامنه کاملی از دبی‌های رودخانه‌ای می‌باشد که جریان‌های کم تا جریان‌های سیلابی را شامل می‌شود. برخی از شاخص‌های جریان کم مانند Q_{95} ، Q_{90} و... به عنوان آستانۀ خشکسالی هیدرولوژیک از منحنی تداوم جریان استخراج می‌شوند. برخی دیگر شاخص‌های استخراجی از سری‌های زمانی هستند. این شاخص‌ها به صورت حداقل جریان متوسط روزانه در طول یک سال و یا کمترین جریان متوسط در چند روز پیاپی از قبیل ۳، ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و... در طول یک سال تعریف می‌شوند. یعنی جریان کم d روزه (با تداوم d روزه) در یک سال، کمترین مقدار میانگین‌های متحرک d روزه جریان‌های روزانه در آن سال است(اسلامیان و همکاران، ۱۳۸۴).

از میان این دسته شاخص‌های جریان حداقل، جریان کم ۷ روزه با دوره بازگشت ۱۰ سال ($Q_{7,10}$) از معمول‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در مطالعات جریان کم می‌باشد و مقادیر جریان کم ۷ روزه، به طور کلی به عنوان "جریان طراحی" در طراحی سازه‌هایی مانند طرح‌های تصفیه فاضلاب یا مدیریت جریان در طول آبراهه‌ها به کار می‌رود(اسلامیان و همکاران، ۱۳۸۴). **در ایالت متحده آمریکا نیز بیشترین شاخص‌های مورد استفاده برای مطالعه جریان‌های حداقل، شاخص جریان کم ۷ روزه با دوره بازگشت‌های ۲ و ۱۰ سال می باشد.**

شاخص‌های مختلف جریان کم برای ایستگاه‌های اندازه‌گیری منتخب از ایالت آیداهو با ۱۰ سال یا بیشتر آمار ثبت شده توسط جلستروم[4] و همکاران (۱۹۹۶)، تعیین شدند. این شاخص‌ها شامل دبی‌های حداقل میانگین سالانه با توالی‌های ۳،۵،۷،۱۴،۳۰،۶۰،۹۰،۱۲۰،...و۱۸۰ روزه با دورۀ بازگشت ۲،۵،۱۰،۲۰،۵۰ و۱۰۰ سال بود (به نقل از هورتنس،۲۰۰۶). لانگوباردی و

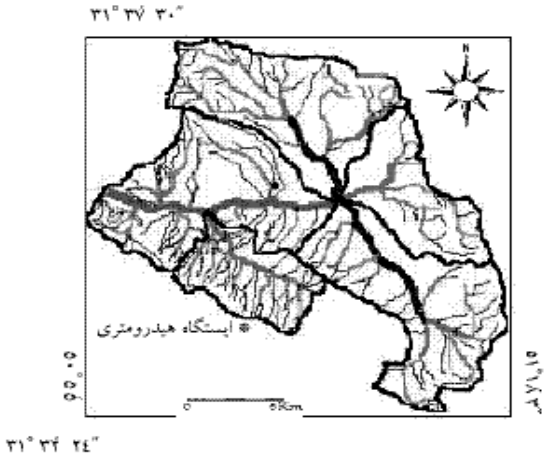
[1]- Drucup
[2] - WMO
[3] -Flow Duration Curve

ویلانی (۲۰۰۷)، یک تحلیل منطقه‌ای در جنوب ایتالیا روی برخی از آماره‌های شناخته شده جریان حداقل که با بخش زیست محیطی مرتبط هستند مانند آماره‌های $Q_{7,T}$ انجام دادند. هیسدال و همکاران (۲۰۰۵)، روش شاخص جریان کم را در جنوب نروژ برای سری‌های زمانی جریان حداقل ۷ روزه و ۳۰ روزه جهت تحلیل ویژگی‌های جریان حداقل و خشکسالی به کار بردند. **بعد از محاسبه جریان حداقل سالانه برای تخمین مقادیر به دست آمده با دوره** بازگشت‌های مختلف بایستی یک توزیع فراوانی انتخاب گردد. تحقیقات قبلی به توزیع‌های مناسب آماری برای جریان های حداقل d روزه سالانه اشاره کرده‌اند. توزیع‌های احتمالاتی پیشنهادی ۲ یا ۳ پارامتری هستند. بیشترین توزیع‌های احتمالاتی ۲ پارامتری مورد استفاده لوگ نرمال و ویبول هستند. همچنین در میان توزیع‌های انعطاف پذیرتر ۳ پارامتری لوگ نرمال ۳ پارامتره و لوگ پیرسون تیپ ۳ بیشترین استفاده را داشته‌اند (به نقل از انوز و بایوزیت، ۲۰۰۱). انوز و بایازیت (۲۰۰۱)، در ۹ حوضه توزیع‌های توانی، ویبول و لوگ نرمال را برای سری زمانی داده‌های حداقل جریان ۷ روزه مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که توزیع توانی از ۲ توزیع دیگر مناسب‌تر است.هدف از ارائهٔ این مقاله تحلیل فراوانی جریان حداقل به عنوان یکی از شاخص های خشکسالی هیدرولوژیک در رودخانهٔ خانمیرزا می‌باشد.

۲- مواد و روشها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه:

حوضهٔ آبخیز زرین درخت با مساحت حدود ۴۰۰ کیلومترمربع و محیط ۱۰۳ کیلومتر، واقع در جنوب شرقی استان چهارمحال و بختیاری در حد فاصل ´۵۵ °۵۰ و ´۱۸ °۵۱ طول جغرافیایی و ´۲۲ °۳۱ و ´۳۷ °۳۱ عرض جغرافیایی، یکی از زیر حوضه‌های رودخانهٔ کارون است. ضریب گراولیوس حوضه ۱/۴۵، طول بزرگترین آبراهه موجود در حوضه ۴۰ کیلومتر و زمان تمرکز حوضه ۹ ساعت است. اقلیم منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از آمار به دست آمده از ایستگاه هواشناسی آلونی، مجهز به باران‌نگار ثبات، واقع در مرکز حوضه و دارای آمار از سال ۱۳۶۴ و بر اساس روش گوسن مدیترانه‌ای گرم و خشک، عمده کاربری اراضی آن زراعت، مرتع و جنگل وخاک‌های موجود در منطقه اغلب با بافت سنگین گزارش شده‌اند. این حوضه مجهز به ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوضه است و مجهز به اشل، لیمنوگراف وپل‌تلفریک بوده و سطح آب به صورت روزانه ثبت می‌شود. شکل کلی حوضه و محل ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری حوضهٔ آبخیز زرین درخت در شکل شماره ۱ نشان داده شده است(عبداللهی،۱۳۸۱).



شکل ۱- نقشه حوضه آبخیز زرین درخت

(مأخذ صادقی و همکاران، ۱۳۸۴)

۲-۲ محاسبهٔ شاخص‌های جریان حداقل

در مطالعهٔ خشکسالی رودخانهٔ خانمیرزا از شاخص خشکسالی Q_{95} به عنوان آستانهٔ خشکسالی هیدرولوژیک و شاخص جریان حداقل ۷ روزه به منظور انجام تحلیل فراوانی مقادیر جریان حداقل با دوره‌های بازگشت مختلف استفاده گردید. آمار جریان مورد استفاده در این تحقیق از سازمان تماب اخذ گردید. آمار مذکور در رودخانهٔ خانمیرزا برای یک دورهٔ آماری ۱۹ ساله (۱۳۸۱-۱۳۶۵) ثبت شده بود. نواقص آماری در این بازهٔ آماری از روش همبستگی بین ایستگاه زرین درخت و دیگر ایستگاه‌های دارای آمار کامل در حوضهٔ کارون شمالی صورت گرفت. پس از تشکیل سری زمانی جریان حداقل ۷ روزه برای این ایستگاه آزمون همگنی داده‌ها به روش ران‌تست[1] صورت گرفت.

برای به دست آوردن شاخص Q_{95} به عنوان آستانهٔ خشکسالی هیدرولوژیک منحنی تداوم جریان در مقیاس لگاریتمی برای این ایستگاه ترسیم شد (شکل۲). سپس مقدار دبی با احتمال تجاوز ۹۵ درصد از این نمودار استخراج شد و این میزان به عنوان حد آستانهٔ خشکسالی هیدرولوژیک در این حوضه در نظر گرفته شد و حداقل دبی ثبت شده در طول سالهای آماری با این میزان مقایسه گردید. همچنین به منظور انجام تحلیل فراوانی داده‌های سری زمانی جریان حداقل ۷ روزه با استفاده از نرم‌افزار *FREQ* به توابع توزیع احتمال برازش داده شد و برای نکویی برازش از آزمون‌های کای اسکوئر و کلموگراف اسمیرنوف استفاده شد. پس از انتخاب مناسب‌ترین توزیع داده‌های سری زمانی جریان حداقل سالانه به مناسبترین توزیع برازش داده شدند و جریان حداقل سالانه با دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه زرین‌درخت محاسبه گردید.

نتایج

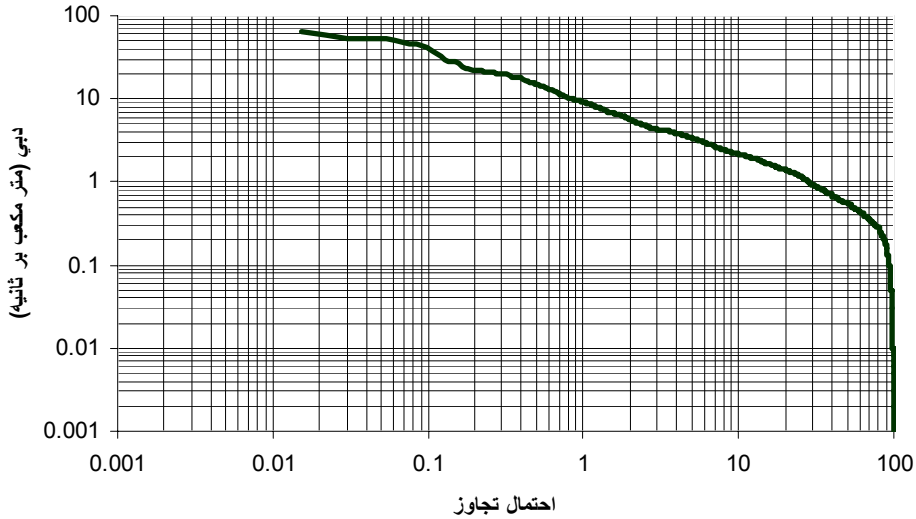
نتایج آزمون همگنی ران‌تست نشان می‌دهد که داده‌های ایستگاه زرین درخت در سطح اعتماد ٪۹۹ همگن می‌باشند(جدول۱).

جدول۱- نتایج آزمون همگنی درحوضه زرین درخت

Test Value(a)	.06
Cases < Test Value	9
Cases >= Test Value	10
Total Cases	19
Number of Runs	8
Z	-.935
Asymp. Sig. (2-tailed)	.350

منحنی تداوم جریان در ایستگاه زرین درخت در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. طبق این منحنی شاخص Q_{95} برابر است با ۰/۰۱ متر مکعب بر ثانیه که در این تحقیق آستانهٔ خشکسالی هیدرولوژیک انتخاب گردیده است. با استفاده از نرم‌افزار *FREQ*، در محیط *MATLAB* ۱۳ تابع به سری زمانی جریان کم ۷ روزه در ایستگاه زرین درخت برازش داده شد و از طریق آزمون‌های نکویی برازش کای-اسکوئر و کلموگراف-اسمیرنوف تابع *GEN-PARETO* (پارتوی تعمیم یافته) به عنوان بهترین تابع برای انجام تحلیل فراوانی انتخاب گردید. نتایج رتبه‌بندی توابع در این ایستگاه در جدول ۲ نشان داده شده است.

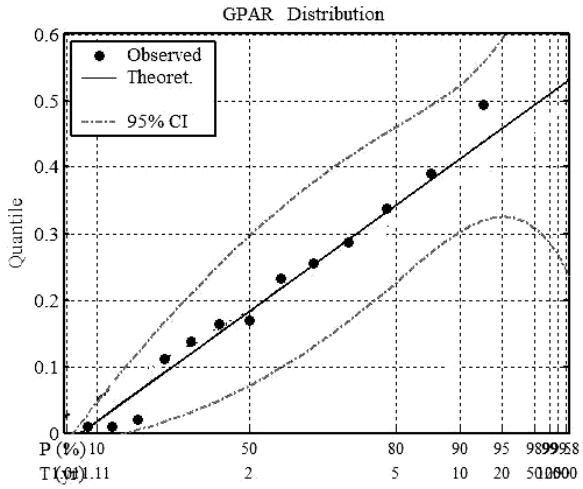
[1]-Run Test



شکل۲- منحنی تداوم جریان در ایستگاه زرین درخت

جدول۲- رتبه بندی توابع

توزیع	امتیاز
پارتوی تعمیم یافته	۷
ویبول	۶
لگاریتمی تعمیم یافته	۴
پیرسون تیپ ۳	۴



شکل۳- داده‌های جریان کم ۷ روزه برازش داده شده به تابع پارتوی تعمیم یافته

پس از انتخاب تابع پارتوی تعمیم یافته به عنوان بهترین تابع مقادیر جریان حداقل ۷ روزه با دورهٔ بازگشت‌های مختلف به منظور استفاده در مطالعات مختلف استخراج گردید(شکل ۳). مقادیر جریان کم با دوره‌های بازگشت مختلف را نیز در جدول ۳ مشاهده می‌کنید.

جدول۳- مقادیر جریان کم ۷ روزه با دوره بازگشت‌های مختلف

جریان کم ۷ روزه	دوره بازگشت
۰/۱۸	۲
۰/۰۶	۵
۰/۰۲	۱۰
۰	۲۰
۰	۵۰
۰	۱۰۰

بحث

این بررسی نشان می‌دهد که میزان آستانهٔ خشکسالی هیدرولوژیک در رودخانهٔ خانمیرزا برابر با ۰/۰۱ متر مکعب بر ثانیه است. با مقایسهٔ دبی رودخانه (در سال‌هایی که آمار در دست می‌باشد) با میزان آستانهٔ خشکسالی می‌توان دریافت که در سال‌های ۸۰، ۸۲ و ۸۳ حداقل جریان از ۰/۰۱ مترمکعب بر ثانیه کمتر است و در سالهای ۶۸، ۷۳، ۷۴، ۷۶، ۷۹ حداقل دبی مساوی با آستانهٔ خشکسالی هیدرولوژیک است یعنی برابر با ۰/۰۱ می‌باشد. این مسئله نشان می‌دهد که در ۸ سال از دورهٔ آماری ۱۹ ساله حداقل دبی برابر یا کمتر از آستانهٔ خشکسالی است. به این معنا که تقریباً در ۴۲ درصد از سال‌ها در این دورهٔ آماری خشکسالی هیدرولوژیک اتفاق افتاده‌است. همچنین با توجه به جدول ۳ می‌توان دریافت که با افزایش دورهٔ بازگشت میزان جریان حداقل کاهش می‌یابد (برعکس سیلاب) به طوریکه در دورهٔ بازگشت ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال حداقل جریان به صفر نزول پیدا می‌کند و این پیش‌بینی بایستی به عنوان یک هشدار برای برنامه‌ریزان بخش منابع آب به حساب آید. با توجه به تأثیرپذیری فعالیت‌های مختلف نظیر آبرسانی شهری، کشاورزی و منابع طبیعی و غیره اعمال مدیریت ریسک و مدیریت بحران و طرح اجرای برنامه‌ها و عملیات سازگار با هر نوع فعالیت متناسب با مقدار و تداوم خشکسالی حائز اهمیت است.

منابع

[۱] اسلامیان، س. س.، ع.زارعی و ابریشم چی. ۱۳۸۳.بر آورد منطقه ای جریان کم رودخانه های حوضه آبریز مازندران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸(۱):۲۷-۳۸.

[۲] بیابانکی، م. ۱۳۸۳. تحلیل جریان کم با استفاده از روش هیبرید در حوضه آبخیز کرخه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی،دانشگاه صنعتی اصفهان.

[۳]جهان تیغ، ن. (۱۳۸۳). ایران سرزمین سیل و خشکسالی. مجله جنگل و مرتع، شماره ۶۴، ص۹۱-۸۸.

[۴] صادقی، س.ح.ر. توفیقی، ب. ومهدوی، م.۱۳۸۴. تهیهٔ مدل تخمین رسوب لحظه‌ای در حوضهٔ آبخیز زرین درخت. مجلهٔ منابع طبیعی ایران .جلد ۵۸. شماره ۴. ۷۵۹-۷۶۶.

[۵] عبداللهی، خ. ۱۳۸۱. مدلسازی رواناب بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی برای حوضهٔ آبخیز خانمیرزا با استفاده از GIS، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

[6]Dracup, J. A., K. Seong lee, and E.G. Paulson.1980. “On the definition of droughts”. Water resources research. 16 (2) 297-302

[7] Hisdal, H. and Tallaksen, L. M. (2000). “Drought event definition” Technical Report to the ARIDE Project No.6.

[8] Hortness, J.E., (2006). “Estimating low-flow frequency statistics for unregulated streams in Idaho”: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5035, 31 p.

[9] Longobardi, A. and Villani,(2007) P. “Low flow regional statistical analysia within a southern Italy context". Geophysical Research Abstracts,Vol.9

[10]Onoz, B. and Bayazit, M. (2002). “Power distribution for low streamflows”. Journal of hydrologic engineering.6(5):P:429-435

[11] Smaktin, V. U.,(2001). “Low Flow Hydrology : a review”, Journal of Hydrology , P:147-186.

[12] Stahl, Kerstin.2001” Hydrological drought: a study across Europe “122p Institute of Hydrology of Albert-Ludwigs -University of Freiburg (IHF)